

Aportes a Smart Energy utilizando XBee e IEEE 802.15.4

Milton E. Sosa⁽¹⁾, Luis A. Urbani⁽¹⁾, Eduardo O. Sosa⁽²⁾, Diego A. Godoy⁽²⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería, Juan Manuel de Rosas 325 - N3365BOG - Oberá

⁽²⁾Secretaría de Investigación y Posgrado (SECIP). Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales; Félix de Azara 1552 - N3300LQH - Posadas

Universidad Nacional de Misiones

{milton.eduardo.sosa; ctt.urbanl}@gmail.com⁽¹⁾; {eososa; dgodoy}@fceqyn.unam.edu.ar⁽²⁾

Resumen

El concepto de Smart-Grid se ha convertido de gran ayuda con el advenimiento y actualidad de las fuentes no convencionales de energía. El monitoreo y control en estas redes es esencial para asegurar el funcionamiento efectivo y eficiente. En este trabajo estamos proponiendo un sistema de tele monitoreo de tensión, intensidad de corriente y potencia de un sistema fotovoltaico, como piedra fundamental de un sistema de tele medición de consumos domiciliarios, los que consideramos los hogares del futuro. Se propone una arquitectura para el monitoreo de energía en aplicaciones de redes inteligentes utilizando la tecnología de redes de sensores inalámbricos, diseñando un prototipo de medición y transmisión bajo protocolo IEEE 802.15.4 y microcontroladores (MC) de Microchip®. Como resultado del presente trabajo se han realizado efectivas mediciones desde módulos fotovoltaicos presentando los valores transmitidos en pantallas LCD, almacenando los datos para su posterior procesamiento y diagnóstico; analizando el comportamiento de los módulos fotovoltaicos a lo largo de su vida útil.

Palabras clave: Sistemas embebidos, XBee, WSN, Middleware, IoT.

1. Contexto

El proyecto se relaciona con iniciativas de alumnos de la carrera de Ingeniería

electrónica de la Facultad de Ingeniería de Oberá, donde están desarrollando diferentes sistemas embebidos que pretenden desembocar en un prototipo de tele medición de consumos domiciliarios englobado en conceptos de Internet de las Cosas (IoT), Internet del Futuro y sistemas inteligentes. Asimismo se relaciona con diversos proyectos de investigación y cooperación internacional de la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones sobre el tema “Internet del Futuro” e “Internet de las Cosas”, (Proyecto 16Q519 “Ambientes Inteligentes. Una Mirada a Internet del Futuro”); como también con el Centro de Investigación sobre Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) de la Universidad Gastón Dachary. Sobre la temática del trabajo se encuentran trabajando los alumnos autores en diversas experiencias prácticas válidas para la graduación.

2. Introducción

El continuo avance de la ciencia y la tecnología a lo largo del tiempo ha conllevado a un sinnúmero de innovaciones. Basta observar los avances que se han experimentado en la astronomía, basados en la mejora y evolución de las tecnologías de desarrollo de telescopios; como también los progresos a lo largo de las últimas décadas en las ciencias médicas con todo lo referente al mundo microscópico. Cada una de estas innovaciones ha tenido que ver, indudablemente, con el desarrollo explosivo

de las TICs. Hoy es posible realizar medidas y cálculos a partir de las imágenes obtenidas por unidades satelitales, utilizando avanzados algoritmos computacionales para el cálculo. Mark Weiser, conocido como el padre de la computación ubicua, a principios de los años 1990 ha abonado la mencionada teoría, la que ha evolucionado hasta nuestros días con la tarea de diversos investigadores que comulgan con lo predicado por Weiser [1], [2].

La computación ubicua tiene que ver, y está íntimamente relacionada, con la evolución de los dispositivos electrónicos. Esta revolución se materializa a través de la miniaturización de los dispositivos y la mayor sociabilización de los contenidos en red. Así hoy es posible realizar simulaciones numéricas para estudiar y analizar fenómenos utilizando métodos computacionales, los que se volverían prohibitivos si se pretendiera realizarlos por métodos empíricos. Hoy, Internet conecta casi todos los computadores del mundo. Desde un punto de vista tecnológico, se podría describir a la computación ubicua como la posibilidad de conectar todo lo que hay en el mundo a Internet, para proporcionar información acerca de cualquier cosa, en cualquier momento y en cualquier sitio.

Podemos definir a los ambientes inteligentes como *“aquellas tecnologías significativas que se mimetizan entretejiéndose en la trama de la vida cotidiana hasta que se tornan indistinguibles de la vida misma”* [1].

Ya en año 1999 el Information Society Technologies Advisory Group ha utilizado el término "Inteligencia Ambiental" [3] para describir una visión donde *“las personas estarán rodeadas de interfaces inteligentes e intuitivas embebidas en objetos cotidianos de nuestro alrededor y un entorno que reconoce y responde a la presencia de individuos de manera invisible”*.

Cook [3] define a los ambientes inteligentes como aquellas tecnologías que se presentan como sensibles, receptivas, adaptables, transparentes, omnipresentes e inteligentes. Todos estos ambientes deben permitir la posibilidad interacción entre los diferentes elementos que conforman los distintos entes.

Como interoperabilidad [4], se conoce a la capacidad de las entidades participantes en una comunicación de: 1) compartir cierto tipo de información, 2) procesar esa información de acuerdo a una semántica operacional previamente acordada.

Un entorno inteligente es entonces la combinación de un entorno físico con una colección de sistemas embebidos dedicados a la recopilación de información de un escenario determinado en un contexto heterogéneo, existiendo una infraestructura capaz de almacenar, compartir, entender y manejar esta información. Al espacio integrador de los elementos mencionados se lo denomina entorno inteligente.

La integración de las redes de sensores inalámbricos con la red cableada tradicional plantea diversos retos técnicos [5], centrados fundamentalmente en el desarrollo de sensores y de la infraestructura de redes de sensores.

En el dominio emergente de las redes de sensores inalámbricos ha producido una amplia variedad de dispositivos con diferentes capacidades, ya sea de detección o de comunicación. Estos van desde sistemas relativamente potentes con procesadores de clase PC y las interfaces inalámbricas de banda ancha (IEEE 802.11), a otros de mucho menor capacidad, siendo los nodos de baja potencia, micro controladores integrados simples y la radio de que opera en bandas ISM¹, o también apoyadas en otras tecnologías inalámbricas, tales como: IEEE 802.15.4, ZigBee, XBee, Bluetooth, y telefonía móvil.

El sistema de red eléctrica tradicional es un sistema centralizado y unidireccional, donde la energía fluye hacia el consumidor desde la estación generadora. Lo anterior está cambiando profundamente con el advenimiento de las tecnologías de energías renovables. Smart-Grid permitirá el flujo bidireccional de energía e información entre el proveedor y el consumidor; mediante la utilización de los medidores domiciliarios inteligentes, y consecuentemente con la

¹ bandas industriales, científicas y médicas en 433 ó 916 MHz

infraestructura de medición avanzada (AMI), lo que conllevará a un uso racional de la energía. Además, los consumidores en ese entorno precisarán indefectiblemente de herramientas de automatización avanzadas, las cuales deberán ser capaces de implementarse por medio de tecnologías avanzadas de sensores [6].

Hay un grupo creciente de dispositivos Zigbee, dirigido a los consumos de energía tanto residenciales como comerciales; capaces de supervisar, controlar y automatizar todo lo concerniente a la demanda, como la provisión de energía. Estos dispositivos compatibles pueden formar una red dinámica, donde no importa la marca comercial del producto, ya que utilizan la misma carga de firmware en todos los dispositivos involucrados [7]. En trabajos similares a nuestro proyecto se plantean instalaciones desde el lado del usuario, teniendo como finalidad medir la potencia en un máximo de 4 líneas de los diferentes circuitos del hogar implicado.

Smart-grid entonces, está basado en la construcción de una red energética avanzada fusionando las redes eléctricas y los sistemas de comunicación existentes, para así poder controlar los dispositivos conectados a la misma de manera de volverlos capaces de interactuar y reaccionar ante determinados eventos. Los beneficios de la red planteada, no se limitan a la red pública, sino también instalaciones residenciales, industriales y comerciales [7]. La tendencia de fijación de precios y al control de la demanda por medio de respuestas a aplicaciones dinámicas, generará un cambio en el sistema de gestión de energía residencial. Una transición hacia la búsqueda de sistema de gestión de la energía, eficiente, flexible e inteligente necesita más funciones de control de los automatismos [8].

Avanzar hacia la gestión inteligente de la energía requerirá cambios no sólo en la forma en que se suministra la energía a los domicilios y comercios, sino también en los mecanismos necesarios para control de dispositivos y para la gestión de la provisión. ZigBee [9], [10] se presenta como elemento de una red de malla inteligente, rentable y eficiente; soportando auto-configuración,

auto-reparación y escalabilidad, redundante, de bajo costo y muy bajo consumo de energía, alta movilidad y fácil de usar. La tecnología de comunicación utilizada, es XBee PRO 802.15.4 de mayor alcance, capaz de integrar grandes redes de varios miles de nodos a distancias mayores que en redes WSN estándares.

3. Líneas de Investigación

En el seno de la SECIP, de la FI de Oberá se desarrollan actividades en proyectos de investigación que presentan un ordenamiento disciplinar más acotado a procesos constitutivos del campo de la Tecnologías de la Información y Comunicaciones, con una lógica de trabajo que ha nutrido de experiencias, prácticas y saberes centrales al efecto de dar cuenta de los mejores formas de avanzar sobre temas del dominio especificado. Por ello los estamentos involucrados proponen el desarrollo de líneas de investigación que, transversalmente, den cuenta de los objetivos perseguidos originando compilación de ideas proyecto, desarrollos, captura de información, conceptualización, análisis y producción de elementos utilizables en escenarios reales, con posibilidades ciertas de extrapolación a internet del futuro.

Hemos establecido una sucesión continua y ordenadora de actividades de estudio, reflexiones sistemáticas y creativas, tormentas de ideas y discusiones alrededor de los ambientes inteligentes, enlazando entre si uno o varios proyectos de trabajo para desarrollar actividades académicas e intelectuales dinámicas, en medio de búsquedas, hipótesis, logros, metas y objetivos para producir, construir y aumentar conocimientos sobre el tema AMI. De esta manera actuamos colectivamente a situaciones que demandan procesos sistemáticos fundamentalmente interdisciplinarios.

4. Resultados

Para las corridas experimentales, y considerando el desarrollo de nuestro sistema

embebido, hemos utilizado un panel solar, y una batería de ion-litio recargable en la estación remota. Las tensiones provistas deben ser diferentes, esto es un a tensión de 5V para energizar el MC, para lo cual se ha implementado un regulador de voltaje positivo LM7805; y por otro lado una tensión de 12V para energizar la bobina del relay del circuito de carga de la batería, la cual debe ser autosuficiente.

Considerando que los módulos XBee deben alimentarse con una tensión en bornes de 3,3V, se ha implementado un regulador variable LM317 ajustando su valor de salida con resistencias de valor fijo y del 1% de tolerancia.

La intensidad de corriente producida por el panel solar, se ha determinado utilizando un módulo comercial con sensor de efecto hall Allegro ACS712, mientras que la tensión se establece haciendo uso de un divisor resistivo simple.

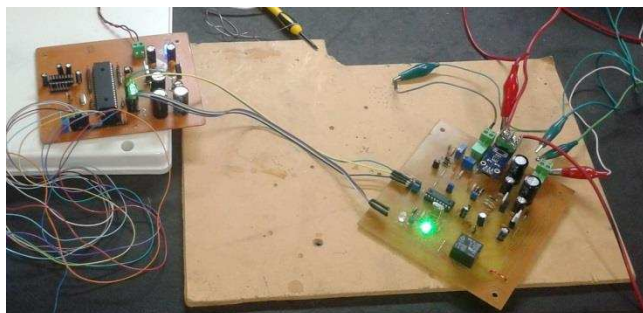


Ilustración 1. Sistemas embebidos en laboratorio

El micro utilizado es el PIC18F1320². La frecuencia de reloj ha sido determinada por un cristal de 20Mhz. Haciendo uso de los conversores analógico-digitales se cuantifican los valores analógicos de tensión e intensidad de corriente provenientes del panel solar. Las etapas de carga se habilitan oportunamente con el objeto que el circuito sea autosuficiente. Los datos así colectados se transmiten por medio de la comunicación serie, para lo cual los módulos XBee se configuran en modo “transparente”, en cuyo modo los

MC se comunican utilizando las unidades UART disponibles en cada micro.

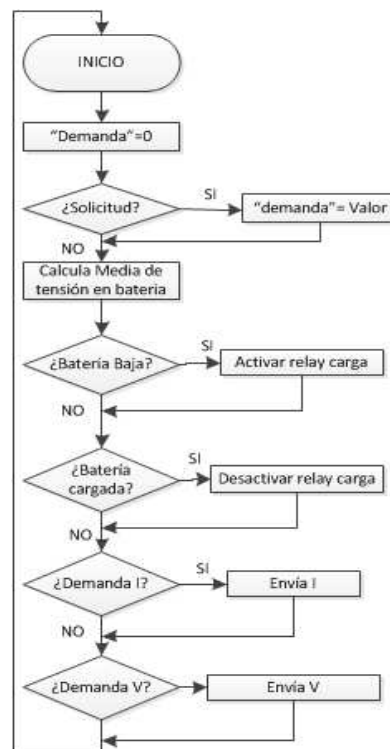


Ilustración 2. Diagrama de flujo para el firmware implementado

El código C implementado como firmware, se basa en el diagrama de flujo mostrado en la ilustración 2.



Ilustración 3. Capturas transmitidas por el sistema

Los resultados capturados, transmitidos y a ser almacenados en la base de datos se muestran en la ilustración 3.

² Peripheral Interface Controller

5. Formación de Recursos Humanos

Se ha avanzado en el proceso de capacitación, desarrollo de carreras, actualización de todos los miembros participantes, en correspondencia con los proyectos actuales de la Universidad de Misiones considerando los intereses colectivos e individuales.

Se ha avanzado en la capacitación y orientación a alumnos de carreras emergentes en la UNaM, como Ingeniería Electrónica, en líneas de investigación y desarrollo no muy comúnmente abordadas en los programas de estudio de la carrera.

Los alumnos participantes se encuentran en etapa de finalización de sus carreras de grado, por lo que el presente trabajo pretende abrir una línea de trabajo para los estudiantes en un futuro muy cercano.

Technology: A Review,» *International Journal of Advanced Science & Technology*, vol. 15, 2010.

[8] K. Bongort y A. McCann, «XBee RF Smart Energy Compliant Power Meter,» ECE 4760, Cornell University, 2011.

[9] B. Asare-Bediako, W. Kling y P. Ribeiro, «Multi-agent system architecture for smart home energy management and optimization,» *4th IEEE/PES*, Copenaghe, 2013.

[10] C. Reinisch, M. Kofler y W. Kastner, «ThinkHome: A smart home as digital ecosystem,» de *Digital Ecosystems and Technologies (DEST)*, 2010 4th IEEE International Conference on, Dubai, 2010.

[11] ZigBee Alliance, «Specifications,» 2014. [http:// http://ow.ly/uRnX3](http://ow.ly/uRnX3)

[12] ZigBee Alliance, «ZigBee Smart Energy Overview,» <http://goo.gl/vqvqYl>

1. Trabajos Citados

[1] M. Weiser, «The computer for the 21st century,» vol. 265, pp. 66-75, Septiembre 1991.

[2] S. Mahadev, «Pervasive computing: Vision and challenges,» *IEEE Personal Communications*, vol. 8, Agosto 2001.

[3] Information Society Technologies Advisory Group, «Orientations for Workprogramme 2000 and beyond,» 1999. <http://ow.ly/uRncG>.

[4] D. Cook, J. Augusto y V. Jakkula, «Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities,» *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 5, nº 4, pp. 277-298, 2009.

[5] L. Brownsword, D. Carney, D. Fisher, G. .. Lewis, E. Morris, P. Place, J. Smith, L. Wrage y B. Meyers, «Current Perspectives on Interoperability,» Pittsburgh, 2004.

[6] M. Gaynor, S. Moulton, M. Welsh, E. LaCombe, A. Rowan y J. Wynne, «Integrating wireless sensor networks with the grid,» *Internet Computing, IEEE*, vol. 8, nº 4, pp. 32-39, 2004.

[7] R. J. ROBLES y T.-h. KIM, «Applications, Systems and Methods in Smart Home